

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/005381

International filing date: 24 March 2005 (24.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-091351
Filing date: 26 March 2004 (26.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 26 May 2005 (26.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 3 月 2 6 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 0 9 1 3 5 1

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号
J P 2 0 0 4 - 0 9 1 3 5 1
The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

出 願 人
Applicant(s): 株式会社安川電機

2 0 0 5 年 5 月 1 1 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】	特許願
【整理番号】	M0402073M
【あて先】	特許庁長官殿
【国際特許分類】	G05B 13/02
【発明者】	
【住所又は居所】	福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号
【氏名】	株式会社安川電機内 吉浦 泰史
【発明者】	
【住所又は居所】	福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号
【氏名】	株式会社安川電機内 加来 靖彦
【発明者】	
【住所又は居所】	福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号
【氏名】	株式会社安川電機内 猪木 敬生
【発明者】	
【住所又は居所】	福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号
【氏名】	株式会社安川電機内 張 文農
【特許出願人】	
【識別番号】	000006622
【氏名又は名称】	株式会社安川電機
【代理人】	
【識別番号】	100099508
【弁理士】	
【氏名又は名称】	加藤 久
【電話番号】	092-413-5378
【選任した代理人】	
【識別番号】	100116296
【弁理士】	
【氏名又は名称】	堀田 幹生
【電話番号】	092-413-5378
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	013930
【納付金額】	21,000円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1
【物件名】	明細書 1
【物件名】	図面 1
【物件名】	要約書 1
【包括委任状番号】	0212037

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

慣性モーメントあるいは慣性質量が未知な機構を駆動する電動機の位置を検出する位置検出手段と、

前記位置検出手段の出力を入力して前記電動機の速度を出力する速度演算手段と、

位置指令と前記電動機の位置との差を入力し速度指令を出力する位置制御手段と、

前記速度指令と前記電動機の速度との差を入力する速度制御手段と、

トルクないし推力指令を入力し、前記電動機のトルクないし推力を制御するトルクないし推力制御手段と、

前記トルクないし推力指令と前記電動機の速度を入力し前記電動機の外乱を推定し、トルクないし推力指令を出力する慣性変動抑制手段と

を備えた位置制御装置において、

前記速度指令を入力し位相を進めた速度を新たな速度指令として前記速度制御手段に入力する位相補償手段を備えたこと

を特徴とする電動機の位置制御装置。

【請求項 2】

前記位相補償手段は、前記電動機の速度と前記速度制御手段の出力信号を入力し位相を進めた速度を新たな速度として前記速度制御手段に入力するものである請求項 1 記載の電動機の位置制御装置。

【請求項 3】

前記位相補償手段は、前記速度指令を入力し位相を進めた速度を新たな速度指令として前記速度制御手段に入力する第 1 の位相補償手段と、

前記電動機の速度と前記速度制御手段の出力信号を入力し位相を進めた速度を新たな速度として前記速度制御手段に入力する第 2 の位相補償手段とからなること

を特徴とする請求項 1 記載の電動機の位置制御装置。

【請求項 4】

前記位相補償手段は、低域通過フィルタを備え、前記低域通過フィルタの時定数を、速度ループゲインを独立変数とする多項式で計算することを特徴とする請求項 2 記載の電動機の位置制御装置。

【請求項 5】

前記第 2 の位相補償手段は、低域通過フィルタを備え、前記低域通過フィルタの時定数を、速度ループゲインを独立変数とする多項式で計算することを特徴とする請求項 3 記載の電動機の位置制御装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電動機の位置制御装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、電動機を制御する位置制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電動機の位置制御装置では、通常、図15(a)に示すように、トルク（推力）制御手段17（制御系の詳細は図示せず）の外側に速度制御系20を組み、速度制御系20の外側に、位置制御手段15を有する位置制御系を組んでいる。速度制御系20は、速度指令と電動機18の速度との偏差に基づいてトルク（推力）指令を生成する速度制御手段16と、トルク（推力）制御手段17と、電動機18と、ギヤ等の駆動部19と、負荷1Aと、電動機18の位置を検出する位置検出手段1Bと、位置検出手段1Bからの位置信号に基づいて電動機速度を演算する速度演算手段1Cとを備えている。なお、101、102は各信号の偏差を生成する減算器である。

【0003】

位置制御系の特性を安定させるためには、速度制御系20の特性に変動がなく、安定している必要がある。

速度制御系20を安定にするには、速度ゲインの変動がないことが必要であるが、速度ゲインの計算に必要な、電動機18が駆動する負荷1Aの慣性モーメント値が未知あるいは変動する場合がある。電動機18の慣性モーメントは既知であるので、通常は電動機18の位置制御装置の速度制御系20に慣性モーメント比を設定することで、負荷1Aの慣性モーメント値を含めて速度ゲインを計算することが多い。

【0004】

電動機18が取り付けられた機械の駆動部19および負荷1Aの回転軸換算（可動方向換算）の慣性モーメントを J_L 、電動機の回転子慣性モーメント（可動子慣性質量）を J_m とすると、慣性モーメント（慣性質量）比 J_{ratio} は

$$J_{ratio} = J_L / J_m \quad (1)$$

となる。

【0005】

ここまで、電動機として回転型モータで説明してきたがリニアモータでも説明内容は同じであるので、説明の都合上、慣性モーメント（慣性質量）のようにリニアモータ特有の言葉は（＊）で表現する。

【0006】

図15(a)の速度制御系は図15(b)のように実現できる。図中、 $1/(J_s)$ のブロックは電動機を意味しており入力がトルクであり出力は電動機速度である。 J は負荷の慣性モーメント（慣性質量） J_L と電動機の慣性モーメント（慣性質量） J_m の和である。

【0007】

慣性設定手段のなかで慣性モーメント比を用いると、前向きゲインは(1)式から

$$K_v \times J_m (1 + J_{ratio}) = K_v (J_m + J_L) = K_v \times J \quad (2)$$

となり、電動機まで入れた前向きゲインは

$$K_v \times J (1 / (J_s)) = K_v / s \quad (3)$$

となり、慣性モーメント比を正確に設定することで、速度ループゲイン K_v を確定できる。ところが、負荷機械の慣性モーメントが未知な場合や既知であっても大きく変動する場合には、(3)式の分子の J （計算値）と分母の J_s （機械の物理量）が同じにならないため、速度ゲイン K_v が規定値から変動してしまう。

【0008】

負荷の慣性モーメント（慣性質量）が未知な場合に慣性モーメント（慣性質量）比を同定する方法もあるが、微小移動時（例えば、100パルス移動程度）は慣性モーメント（

慣性質量)比が同定できず、制御系のゲインのバランスが悪くなり、制御系が不安定となり、制御系が発振することがあった。

【0009】

そこで、慣性モーメント(慣性質量)比を同定する代わりに外乱オブザーバを用いた外乱抑圧制御が考えられてきた。この制御を適用すれば慣性モーメントを同定することなしに、正しい慣性モーメント比(計算で求められた慣性モーメント比が実際の慣性モーメント比とほぼ一致するような慣性モーメント比)を設定した時と同等の制御性能が得られることが10年程前から学会等に発表されている。例えば、磯貝 他、「電動機制御系に対するオブザーバの応用」第19回SICE学術講演会予稿集、1980年、p. 371-372では、2次系の同次元外乱オブザーバで推定した電動機の外乱(外乱に相当する電流値として検出)を電流指令にフィードバックして、電動機に加わる外乱の影響を低減する「外乱抑圧制御系」を構成し、外乱の影響を低減する手法が提案されている。

【0010】

その後、大石 他、「状態観測器を用いた他励直流機の一制御法」電気学会論文誌、1984年、B45 p. 373-379で、負荷トルクを推定するために、1次系の最小次元外乱オブザーバの構成方法が提案されている。

【0011】

また、M. Nakao, et al, 「A ROBUST DECENTRALIZED JOINT CONTROL BASED ON INTERFERENCE ESTIMATION」IEEE Trans. Industrial Electronics、1987年、IE-34 p. 326-331では、1次系の最小次元外乱オブザーバを用いた外乱抑圧制御で慣性モーメントの変動による制御系の特性変動が低減できることが示され、負荷慣性モーメントが1.7倍変動しても制御系がロバスト(特性変動が少ないこと)という結果が得られており、宮下 他、「電動機のチューニングレス制御」、2000年、p. 47-52では、10倍の慣性モーメントの変動に対して制御系がロバストであることが示され、関連特許として特許文献1が出願されている。

【0012】

特許文献1は、モータトルクに比べて慣性が非常に大きい機械系を駆動する場合に、外乱オブザーバを使用して外乱抑圧制御を行うことで速度制御手段からみた機械系の慣性モーメントを見かけ上、小さく制御することを特徴としている。

【0013】

【特許文献1】特開平10-248286号公報

【特許文献2】特開2002-229605号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

特許文献1には明記されていないが、前掲の宮下他の文献によると、従来の外乱抑圧制御方法では、慣性モーメント比で10倍程度までしか制御性能が確保できないという問題があった。

【0015】

宮下他の文献と同様に、図16に示すように1次の外乱オブザーバを用いて外乱抑圧制御を構成したものがある。これは、図15の速度制御手段16とトルク(推力)制御手段17との間に、波線で示す慣性変動抑制手段13を追加したものである。この慣性変動抑制手段13は、電動機の手速度とトルク(推力)指令に基づいて外乱要素を演算する外乱オブザーバ10と、その出力にゲイン12を掛けて推定外乱トルク(推力)としてトルク(推力)指令に加算し(加算器103)、新たなトルク(推力)指令として出力するトルク制御手段17とを備えている。

【0016】

このように慣性変動抑制手段13を用いて電動機の手速度を計算機でシミュレーションした結果の例を図17に示す。図17のグラフ(a)は慣性モーメント比が0倍(モータ単体)時であり安定な応答となるようにゲインを調整している。このまま慣性モーメント比

を10倍にすると、図17のグラフ(b)の応答となり、モータ回転速度が加速から等速に変化した直後の波形や減速からゼロ速に変化した直後の波形に注目すると、0倍とほぼ同等の応答が保たれている。慣性モーメント比を25倍にすると、図17のグラフ(c)に示すように、振動しており、制御系が不安定となっている。

【0017】

この例からわかるように、従来手法では、慣性モーメント比が10倍程度までしか、安定に制御できないことがわかる。

【0018】

本発明はこのような問題点に鑑みてなされたものであり、大きな慣性モーメント比（慣性質量比）に対しても制御性能を確保することができる電動機の位置制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0019】

上記課題を解決するため、本発明の第1の構成は、慣性モーメント（回転型）あるいは慣性質量（リニア型）が未知な機構を駆動する電動機の位置を検出する位置検出手段と、位置検出手段の出力を入力して電動機の速度を出力する速度演算手段と、位置指令と電動機の位置との差を入力し速度指令を出力する位置制御手段と、速度指令と電動機の速度との差を入力する速度制御手段と、トルク（推力）指令を入力し、電動機のトルク（推力）を制御するトルク（推力）制御手段と、トルク（推力）指令と電動機の速度を入力し電動機の外乱を推定し、トルク（推力）指令を出力する慣性変動抑制手段とを備えた位置制御装置において、速度指令を入力し位相を進めた速度を新たな速度指令として速度制御手段に入力する位相補償手段を備えたものである。

【0020】

本発明の第2の構成は、前記位相補償手段は、電動機の速度と速度制御手段の出力信号を入力し位相を進めた速度を新たな速度として速度制御手段に入力するものである。

【0021】

本発明の第3の構成は、第1の構成における前記位相補償手段は、速度指令を入力し位相を進めた速度を新たな速度指令として速度制御手段に入力する第1の位相補償手段と、電動機の速度と速度制御手段の出力信号を入力し位相を進めた速度を新たな速度として速度制御手段に入力する第2の位相補償手段とを備えたものである。

【0022】

本発明の第4の構成は、第2の構成における位相補償手段は、低域通過フィルタを備え、低域通過フィルタの時定数を、速度ループゲインを独立変数とする多項式で計算する構成としたものである。

【0023】

本発明の第5の構成は、第4の構成において、第2の位相補償手段は低域通過フィルタを備え、低域通過フィルタの時定数を、速度ループゲインを独立変数とする多項式で計算するようにしたものである。

【発明の効果】

【0024】

第1の構成の発明によると、サーボパラメータを変更することなしに、負荷慣性モーメントの変動範囲が従来例の1.5倍にひろがっても慣性モーメント比の設定が不要で、サーボ性能を確保することができる。

【0025】

第2の構成の発明によると、負荷慣性モーメントの変動範囲が従来例の2.5倍に広がっても、慣性モーメント比の設定が不要で、サーボ性能を確保することができる。また、請求項1に記載の発明とくらべ、位置決め時間を短縮できる効果もある。

【0026】

第3の構成の発明によると、負荷慣性モーメントの変動範囲が従来例の3倍にひろがっても、慣性モーメント比の設定が不要で、サーボ性能を確保することができる。

【００２７】

また、慣性変動に対して、正確な慣性モーメント比を設定した場合と同じ応答波形となるので、慣性モーメント比がことなる複数軸での軌跡制御で、軌跡のズレが少ない動作ができる効果もある。

【００２８】

第４の構成の発明によると、位相補償手段中の低域通過フィルタの時定数を速度ループゲインの関数として自動的に変更することで、サーボ性能の変化をきにすることなく速度ループゲインを可変できる効果がある。

【００２９】

第５の構成の発明によると、位相補償手段中の低域通過フィルタの時定数を速度ループゲインの関数として自動的に変更することで、サーボ性能の変化をきにすることなく速度ループゲインを可変できる効果がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３０】

以下、本発明に係る電動機の位置制御装置の具体的実施例を、図に基づいて説明する。

【実施例１】

【００３１】

図１は、本発明の実施例１の構成を示す制御ブロック図である。

図１において、本実施例１の位置制御装置は、位置指令と電動機位置との偏差に基づいて速度指令を出力する位置制御手段１５と、速度指令の位相補償を行う位相補償手段１４と、位相補償された速度指令と電動機の速度との偏差に基づいてトルク（推力）指令を生成する速度制御手段１６と、慣性変動抑制手段１３と、トルク（推力）制御手段１７と、電動機１８と、ギヤ等の駆動部１９と、負荷１Ａと、電動機１８の位置を検出する位置検出手段１Ｂと、位置検出手段１Ｂからの位置信号に基づいて電動機速度を演算する速度演算手段１Ｃとを備えている。慣性変動抑制手段１３は、電動機の速度とトルク（推力）指令に基づいて外乱要素を演算する外乱オブザーバ１０と、その出力の高調波雑音を除去する低域通過フィルタ１１と、その出力にゲイン１２を掛けて推定外乱トルク（推力）としてトルク（推力）指令に加算し、新たなトルク（推力）指令として出力するトルク制御手段１７とを備えている。

【００３２】

以上の構成の位置制御装置においては、パワーアンプ（図示せず）を含んだ電動機のトルク（推力）制御手段１７で電動機１８を駆動する。電動機１８は機構（図示せず）の駆動部１９を駆動するので、電動機が回転型モータの場合、電動機１８の慣性モーメントに負荷１Ａとなる機械の慣性モーメントが追加になる。電動機がリニアモータの場合、リニアモータの慣性質量に負荷１Ａとなる機械の慣性質量が追加になる。以下、回転型モータとリニアモータを含めて電動機と呼ぶ（区別する場合は、回転型モータあるいはリニアモータと呼ぶ）。

【００３３】

また以降は回転型モータを例にして説明をするが、トルクを推力に置き換えれば、リニアモータの場合も全く同様に実施できる。リニアモータでの言葉の置き換えは「トルク（推力）」のように（ ）を付けて表現する。

【００３４】

電動機１８の位置をエンコードヤリニアスケール等の位置検出手段１Ｂにて検出し、位置検出手段１Ｂの出力を速度演算手段１Ｃに入力することで、検出した位置から速度を演算する。速度演算手段１Ｃは、微分器等を用いればよい。

【００３５】

本発明では、従来技術の問題を解決するため、下記のように通常の数値制御系に慣性変動抑制手段１３と位相補償手段１４とを組み合わせる。

速度指令を位相補償手段１４に入力し、位相補償手段１４の出力を新たな速度指令とする。

【0036】

新たな速度指令と速度フィードバック信号の差を速度制御手段16に入力し、速度制御手段16の出力は慣性変動抑制手段13に入力する。

慣性変動抑制手段13の出力をトルク（推力）指令として、電動機のトルク（推力）制御手段17に入力することで速度制御系が構成できる。

また、位置検出手段1Bの出力と位置指令の差を位置制御手段15に入力し、位置制御手段15の出力を速度指令とすることで位置制御系が構成できる。

【0037】

図1に示すように、慣性変動抑制手段13は、電動機速度を外乱オブザーバ10に入力し、外乱オブザーバ10の出力を低域通過フィルタ11に入力し、低域通過フィルタ11の出力にゲイン12をかけた出力と前記速度制御手段16の出力であるトルク（推力）指令とを加算し、加算した出力を新たなトルク（推力）指令として前記外乱オブザーバ10に入力するとともに電動機のトルク（推力）制御手段17に入力する。低域通過フィルタ11は、通常は必要ないが、ノイズが多い環境でノイズフィルタとして機能させる。

【0038】

外乱オブザーバ10は公知の外乱オブザーバにて構成することができる。例えば、図2に示すように2次外乱オブザーバで構成すればよい。

図2の外乱オブザーバ10では、電動機の速度と積分演算手段24の出力との偏差にオブザーバゲイン21およびオブザーバ積分ゲイン22が乗じられ、それらの出力の和と、慣性モーメント（慣性質量）補正手段23の出力との和が積分演算手段24により積分され、電動機の速度に負帰還される。図中201は減算器、202，203は加算器である。

【0039】

あるいは図3に示すように1次外乱オブザーバで構成すればよい。

図3の外乱オブザーバ10では、電動機の速度と積分演算手段24の出力との偏差にオブザーバゲイン31が乗じられ、その出力と慣性モーメント（慣性質量）補正手段23の出力との和が積分演算手段24により積分され、電動機の速度に負帰還される。

【0040】

あるいは図4に示すように別の1次外乱オブザーバで構成すればよい。

図4の外乱オブザーバ10では、電動機の速度にオブザーバゲイン41が乗じられ、その出力と新たなトルク（推力）指令との和に積分演算手段24の出力を減じたものにオブザーバゲイン42を乗じたものが、積分演算手段24に入力される。積分演算手段24の出力とオブザーバゲイン41の出力との差が、低域通過フィルタ11に出力される。図中205は加減算器、206は減算器である。

【0041】

位相補償手段14は、例えば、図5に示すように、低域通過フィルタ51と高域通過フィルタ52を併設し、それぞれの出力を加算器207で加算して出力する構成の、位相進めフィルタを用いた制御ブロックとすればよい。図5において、低域通過フィルタ51の遮断周波数を高域通過フィルタ52の遮断周波数より大きくすることで位相進めフィルタとなる。

【0042】

1次外乱オブザーバで慣性変動抑制手段を構成し位相進めフィルタを位相補償手段とした時の計算機シミュレーション結果を図6に示す。

図6は、速度制御手段に正しい慣性モーメント（慣性質量）比を設定したときの電動機の速度と本実施例の手段で慣性モーメント（慣性質量）比が0倍，5倍，10倍，15倍のときの電動機の速度である（計算機シミュレーション結果）。これらの図で電動機の速度が加速から等速に変化した直後の波形や減速からゼロ速に変化した直後の波形（図中、楕円で囲んだ部分）を比較すると、慣性モーメント（慣性質量）比が0倍，5倍，10倍，15倍のときのすべてのグラフが重なっており、ほぼ同じ応答となっている。

【0043】

すなわち、本実施例では慣性モーメント（慣性質量）比が1.5倍までは補償できることになり、従来例よりもロバスト性が1.5倍に向上している。

したがって、本実施例では、従来例よりも広い慣性モーメント（慣性質量）比まで制御系を安定化でき、位置決め応答は負荷によらず一定となる。

【実施例2】

【0044】

実施例1では、制御系の安定性が向上でき、安定な慣性モーメント（慣性質量）比が広がっているが、位置制御系内にフィルタを入れるため、応答が遅くなる課題がある。図7に、例えば、慣性モーメント（慣性質量）比が1.5倍時で、実施例1の制御を行った場合と慣性モーメント（慣性質量）比が0倍時の位置決め応答を示す。図7は位置決め時間を比較した結果であり、位置偏差波形が0になる時間を比較すると、慣性モーメント（慣性質量）比に正しい値を設定したときと比較して位置決め時間が延びていることがわかる。また、慣性モーメント（慣性質量）比が大きくなるほど位置決め時間が延びていることがわかる。

【0045】

この課題を解決するためには、位相補償手段として、例えば、本出願人による特開2002-229605号公報（特許文献2）記載の速度オブザーバを用いて図8に示すような制御ブロックとすればよい。

【0046】

図8（a）に示す実施例2においては、図1に示す実施例1の構成の位相補償手段14の代わりに、トルク（推力）指令と電動機の速度とに基づいて位相補償を行う位相補償手段61を設けている。すなわち、速度演算手段1Cの出力を位相補償手段61と慣性変動抑制手段13内の外乱オブザーバ10に入力し位相補償手段61の出力（電動機の推定速度）を新たな速度フィードバック信号とする。位相補償手段61は、図8（b）に示すように、トルク（推力）指令を制御対象のモデル62に入力し、その出力を低域通過フィルタ64に通して位相補償信号を生成し、電動機の速度との偏差を制御器63を通してトルク（推力）指令にフィードフォワードする。図中208は加算器、209は減算器である。

【0047】

図8（a）に戻って、速度指令と新たな速度フィードバック信号の差を減算器104で生成して速度制御手段16に入力し、速度制御手段16の出力は位相補償手段61と慣性変動抑制手段13に入力する。

慣性変動抑制手段13の出力を新たなトルク（推力）指令として、電動機のトルク（推力）制御手段17に入力することで速度制御系が構成できる。

特許文献2で説明しているように、この速度オブザーバは、速度を推定するだけでなく位相を進めることができるので、速度制御系の位相を進めることで位置制御系の位相余裕を改善できる。このため応答が安定化し、慣性変動範囲を広げることができる。

【0048】

図9は、速度制御手段16に正しい慣性モーメント（慣性質量）比を設定したときの電動機の速度と本実施例2の手段で慣性モーメント（慣性質量）比が0倍、2.5倍のときの電動機の位置偏差波形である（計算機シミュレーション結果）。0倍と2.5倍のグラフが重なっていることから、慣性モーメント比が0倍時と2.5倍時で位置決め時間がほぼ同じになる効果が確認できる。

また、正しい慣性モーメント（慣性質量）比を速度演算手段に設定したときよりも位置決め時間が短くなっている。

【0049】

すなわち、本実施例では、従来例よりも広い慣性モーメント（慣性質量）比まで制御系を安定化でき、位置決め応答は負荷によらず一定で、かつ正しい慣性モーメント比（慣性質量）を設定したときよりも位置決め時間を短縮できる効果がある。

【実施例3】

【0050】

実施例2の手段は、速度制御系に正しい慣性モーメント（慣性質量）比を設定したときよりも、常に応答が速くなり、位置決め動作等には、好適である。

しかし、軌跡制御動作では、例えばXとYの2軸の動作をバランスする必要がある、1軸のみ応答が速すぎると軌跡精度は良くならない。この場合は、正しい慣性モーメント（慣性質量）比を設定した時と同じ応答が必要である。

【0051】

通常は、実施例2の構成で応答を若干遅く調整するため、位置指令に低域通過フィルタを用いれば良いように考えがちであるが、こうすると図10に示すように、慣性モーメント（慣性質量）比を合わせた場合の応答と位置決め時間をあわせても、応答全体の波形がずれてしまい同じ応答が実現できない。

【0052】

この課題を解決するためには、ロバストな性質をもちながら、応答が若干遅れる補償方法が不可欠と考え、実施例1の位相補償手段と実施例2の位相補償手段を組み合わせる発想にいたった。

具体的には図11に示すように、通常速度制御系に慣性変動抑制手段13と第1の位相補償手段14（実施例1の位相補償手段14と同じ）および第2の位相補償手段61（実施例2の位相補償手段61と同じ）とを組み合わせる。

【0053】

速度指令を第1の位相補償手段14に入力し、第1の位相補償手段14の出力を新たな速度指令とする。

第2の位相補償手段61の出力を新たな速度フィードバック信号とし、新たな速度指令と新たな速度フィードバック信号の差を速度制御手段16に入力し、速度制御手段16の出力を慣性変動抑制手段13と第2の位相補償手段61に入力する。

慣性変動抑制手段13の出力をトルク（推力）指令として、電動機のトルク（推力）制御手段17に入力することで速度制御系が構成できる。

なお、第1の位相補償手段は、第1の実施例と同様に図5のように構成すれば良く、第2の位相補償手段は実施例2と同様に図8（b）のように構成すれば良い。

【0054】

図12は、速度制御手段16に正しい慣性モーメント（慣性質量）比を設定したときの電動機の速度と本実施例の手段で慣性モーメント（慣性質量）比が0倍、1.5倍、2.5倍、3.0倍のときの電動機の速度である（計算機シミュレーション結果）。これらの図で電動機の速度が加速から等速に変化した直後の波形や減速からゼロ速に変化した直後の波形（図中、楕円で囲んだ部分）を比較すると、すべてのグラフが重なっており、ほぼ同じ応答となっている。すなわち、第1と第2の2つの位相補償手段を組み合わせることにより、応答は正しい慣性モーメント（慣性質量）比を設定したときとほぼ同じで、なおかつ慣性変動に対するロバスト範囲が3.0倍までに広がっている。

【0055】

本実施例では、従来例の1.0倍よりも広い3.0倍の慣性モーメント（慣性質量）比まで制御系を安定化でき、位置決め応答は負荷によらず正しい慣性モーメント（慣性質量）比を設定したときと同等にできる効果がある。

【実施例4】

【0056】

実施例2で説明したように制御系に慣性モーメント（慣性質量）比を設定することなしに図8（a）に示すように慣性変動抑制手段13と位相補償手段61だけで慣性変動を抑制できる。このとき、速度制御手段16中の速度ループゲイン（図示せず）を上げると位相補償手段61で補償すべき位相にずれが生じるため、振動が発生するようになる。そのため、位相補償手段61の補償する位相を速度制御手段16中の速度ループゲイン（図示せず）に応じて再調整する必要がある。

【0057】

例えば、特許文献 2 に記載されたような速度オブザーバを位相補償とする場合、図 8 (b) に示すように、速度オブザーバの低域通過フィルタ 6 4 の時定数で補償する位相の量を設定している。この低域通過フィルタ 6 4 の時定数をシミュレーションや実機試験により決定すると図 1 3 や図 1 4 で示すようなグラフを描くことができる。図において、○印は実測データであり、破線は実測データを補間する近似式を描いたものである。

【0058】

また、このグラフをもとにすると、例えば 1 次外乱オブザーバでは図 1 3 より (4) 式のような 1 次関数で近似式を決定することができる。速度制御手段 1 6 中の速度ループゲイン (図示せず) の設定値に応じて速度オブザーバの低域通過フィルタ時定数 L P F を設定すればよい。

$$L P F = a \times K_v + b \quad (4)$$

【0059】

また、2 次外乱オブザーバでは図 1 4 に示すように (5) 式の 2 次関数で近似することができる。

$$L P F = a \times K_v^2 + b \times K_v + c \quad (5)$$

よって、これらの近似式を使用することで、例えば、速度制御手段 1 6 中の速度ループゲイン (図示せず) を変更した場合に、上記関数によって速度オブザーバの低域通過フィルタ 6 4 の時定数を変更することができ、位相の補償値を自動的に再調整することが可能となる。

【実施例 5】

【0060】

例えば、実施例 3 で第 2 の位相補償手段 6 1 を特許文献 2 のような速度オブザーバとする場合も実施例 4 と同様に、図 8 (b) に示す第 2 の位相補償手段 6 1 である速度オブザーバの低域通過フィルタ 6 4 の時定数を速度制御手段 1 6 中の速度ループゲイン (図示せず) に応じて変更しなくてはならない。

【0061】

速度オブザーバの低域通過フィルタ 6 4 の時定数をシミュレーションや実機試験により決定すると図 1 3 や図 1 4 で示すようなグラフを描くことができる。図において、○印は実測データであり、破線は実測データを補間する近似式を描いたものである。

補間近似式は、実施例 4 と同様に、例えば 1 次外乱オブザーバでは図 1 3 の 1 次関数で速度制御手段 1 6 中の速度ループゲイン (図示せず) K_v から速度オブザーバの低域通過フィルタ時定数 L P F を決定すれば良い。

また、2 次外乱オブザーバでは図 1 4 の 2 次関数で、速度制御手段 1 6 中の速度ループゲイン (図示せず) K_v から速度オブザーバの低域通過フィルタ時定数 L P F は決定すれば良い。

【0062】

よって、これらの近似式を使用することで、例えば、速度制御手段 1 6 中の速度ループゲイン (図示せず) を変更した場合に、上記関数によって速度オブザーバの低域通過フィルタ 6 4 の時定数を変更することができ、位相の補償値を自動的に再調整することが可能となる。

【0063】

また、第 1 の位相補償手段 1 4 も第 2 の位相補償手段と同じようにシミュレーションや実機試験により低域通過フィルタ 5 1 と高域通過フィルタ 5 2 の時定数を速度制御手段 1 6 中の速度ループゲイン (図示せず) K_v の関数で決定することができる。よって、これらの近似式を使用することで、例えば、速度制御手段 1 6 中の速度ループゲイン (図示せず) を変更した場合に、位相の補償値を自動で再調整することが可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0064】

本発明は、慣性変動抑制手段と位相補償手段により慣性モーメント (慣性質量) 比の設定のずれを補償するという手段をとるため慣性モーメント (慣性質量) 比を設定しなくと

も電動機を正常に駆動できて、慣性モーメント（慣性質量）比が変動する機械に対して自動的に変動を補償するという用途に使用する電動機（リニアモータ）の制御装置に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 5 】

【図 1】 本発明の実施例 1 の制御ブロック図である。

【図 2】 実施例 1 における慣性変動抑制手段の一例を示す制御ブロック図である。

【図 3】 実施例 1 における慣性変動抑制手段の他の例を示す制御ブロック図である。

【図 4】 実施例 1 における慣性変動抑制手段のさらに他の例を示す制御ブロック図である。

【図 5】 実施例 1 における位相補償手段の制御ブロック図である。

【図 6】 実施例 1 における 1 次外乱オブザーバと位相進めフィルタを併用した位置制御系の応答を示すグラフである。

【図 7】 実施例 1 における 1 次外乱オブザーバと位相進めフィルタを併用した位置制御系の位置決め時間を示すグラフである。

【図 8】 本発明の実施例 2 の制御ブロック図である。

【図 9】 実施例 2 における 1 次外乱オブザーバと位相補償速度オブザーバを併用した位置制御系の位置決め時間を示すグラフである。

【図 10】 実施例 2 における外乱オブザーバと位相補償速度オブザーバと低域通過フィルタを併用した位置制御系の応答を示すグラフである。

【図 11】 本発明の実施例 3 の制御ブロック図である。

【図 12】 実施例 3 における外乱オブザーバと位相補償速度オブザーバと位相進めフィルタを併用した位置制御系の応答を示すグラフである。

【図 13】 実施例 3 における 1 次外乱オブザーバと位相補償速度オブザーバを併用したときの速度ループゲインと位相補償速度オブザーバ低域通過フィルタ時定数の関係を示すグラフである。

【図 14】 実施例 3 における 2 次外乱オブザーバと位相補償速度オブザーバを併用したときの速度ループゲインと位相補償速度オブザーバ低域通過フィルタ時定数の関係を示すグラフである。

【図 15】 一般的な電動機の位置制御系のブロック図である。

【図 16】 従来技術の制御ブロック図である。

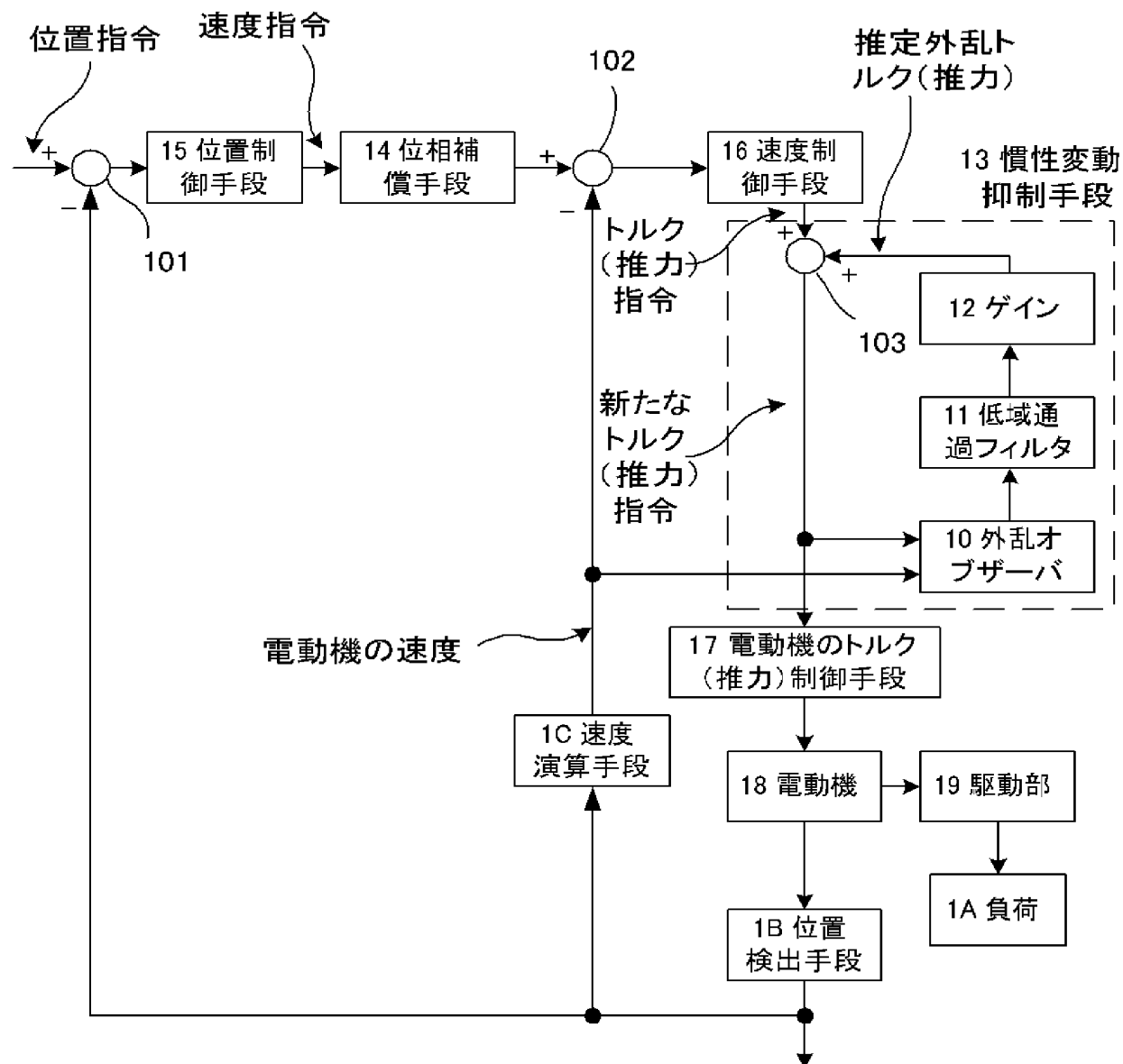
【図 17】 従来技術において 1 次外乱オブザーバを適用した位置制御系の応答を示すグラフである。

【符号の説明】

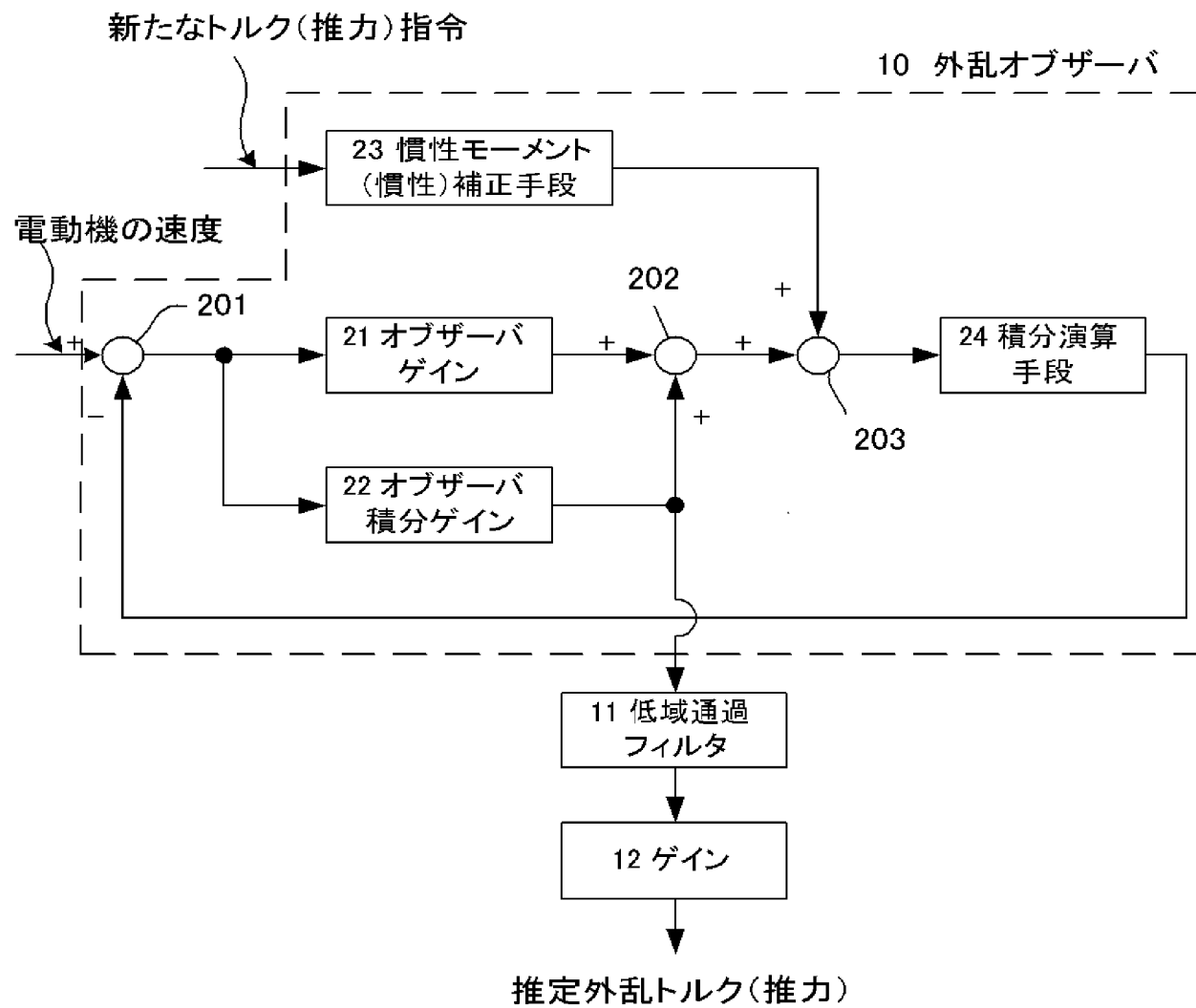
【 0 0 6 6 】

- 1 0 外乱オブザーバ
- 1 1 低域通過フィルタ
- 1 2 ゲイン
- 1 3 慣性変動抑制手段
- 1 4 位相補償手段
- 1 5 位置制御手段
- 1 6 速度制御手段
- 1 7 電動機のトルク（推力）制御手段
- 1 8 電動機
- 1 9 駆動部
- 2 0 速度制御系
- 1 A 負荷
- 1 B 位置検出手段
- 1 C 速度演算手段
- 2 1 オブザーバゲイン

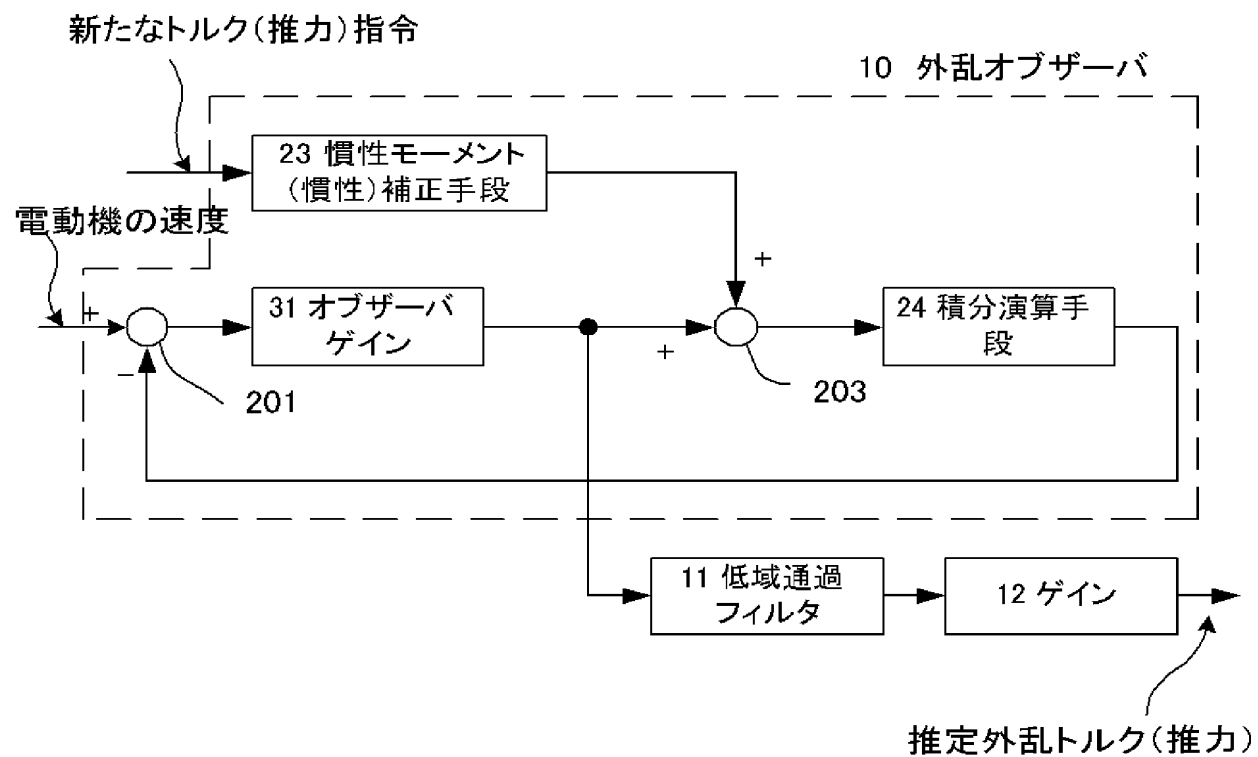
- 2 2 オブザーバ積分ゲイン
- 2 3 慣性モーメント（慣性）補正手段
- 2 4 積分演算手段
- 3 1 オブザーバゲイン
- 4 1 オブザーバゲイン
- 4 2 オブザーバゲイン
- 5 1 低域通過フィルタ
- 5 2 高域通過フィルタ
- 6 1 位相補償手段
- 6 2 制御対象のモデル
- 6 3 制御器
- 6 4 低域通過フィルタ



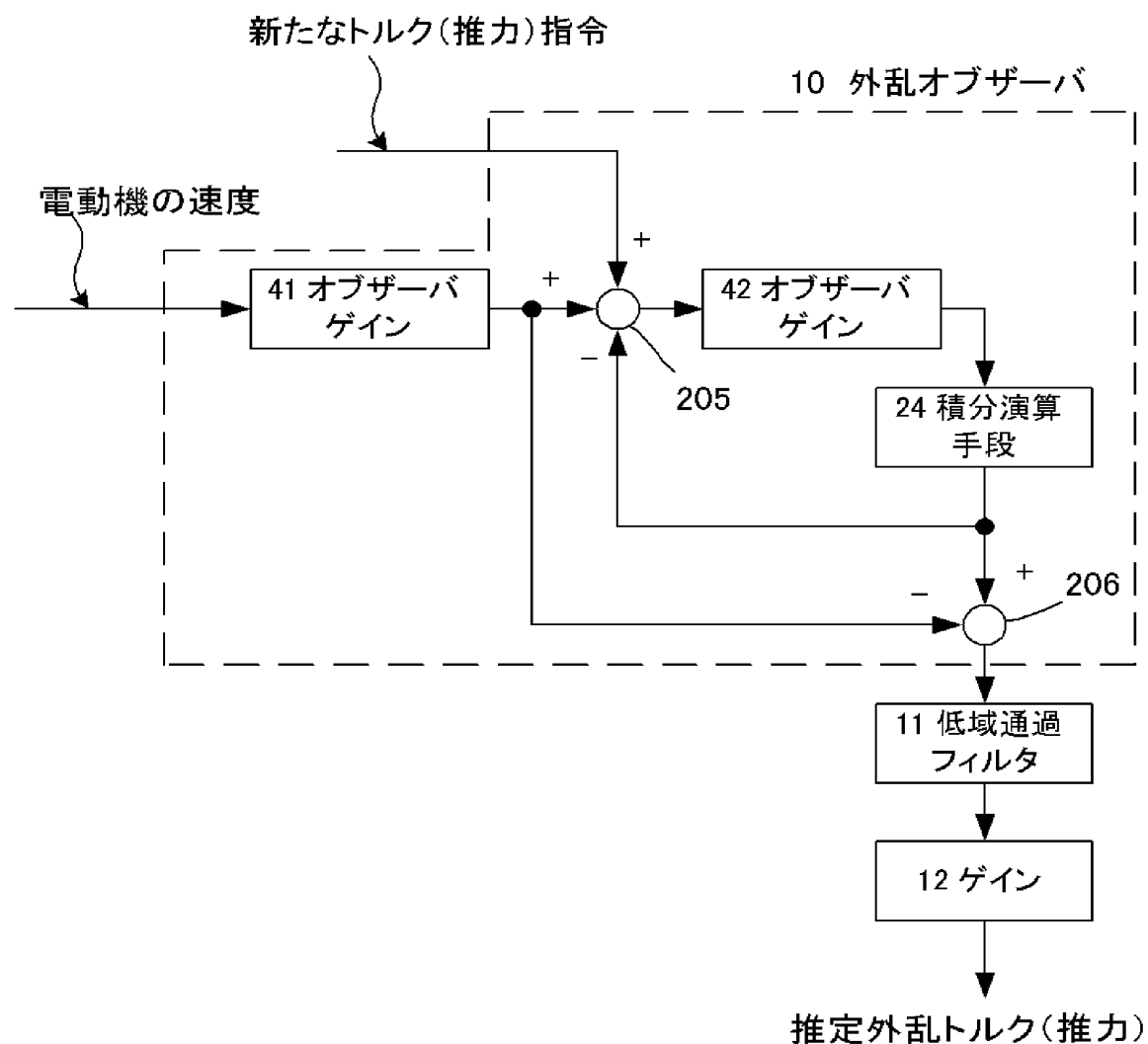
【図 2】



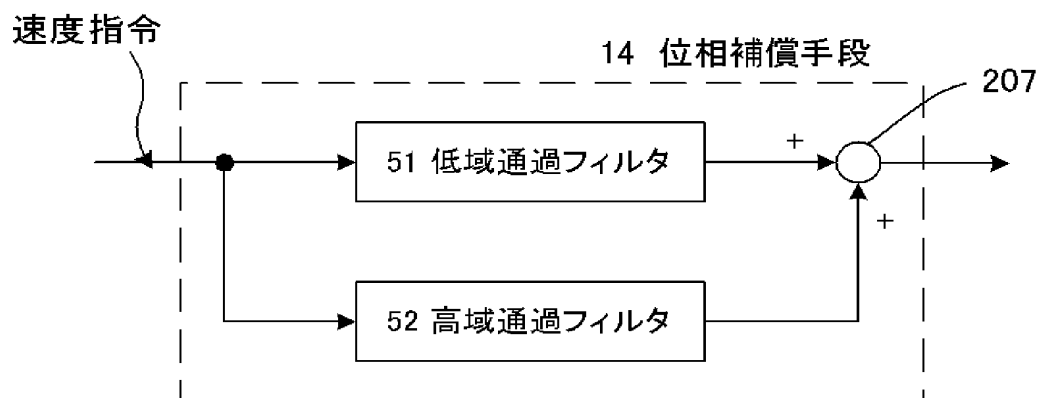
【図 3】



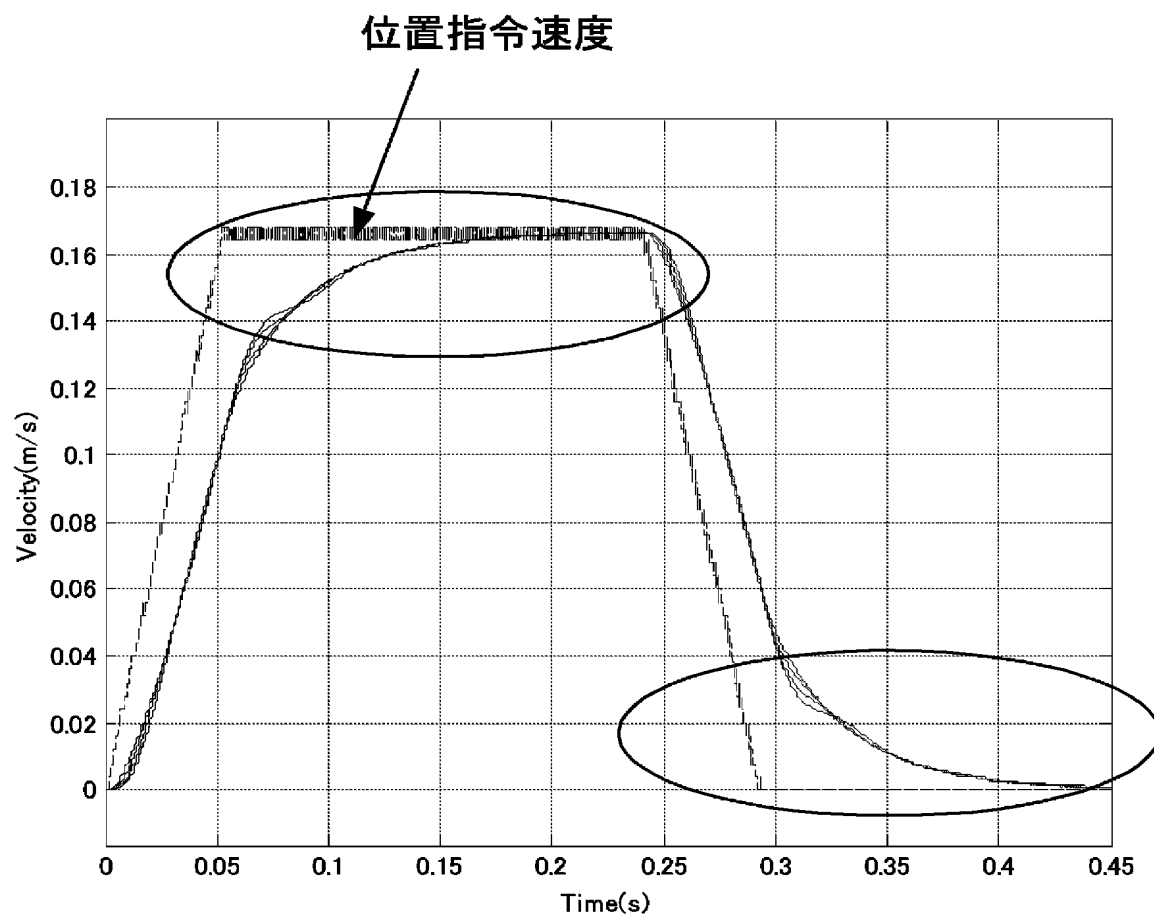
【図 4】



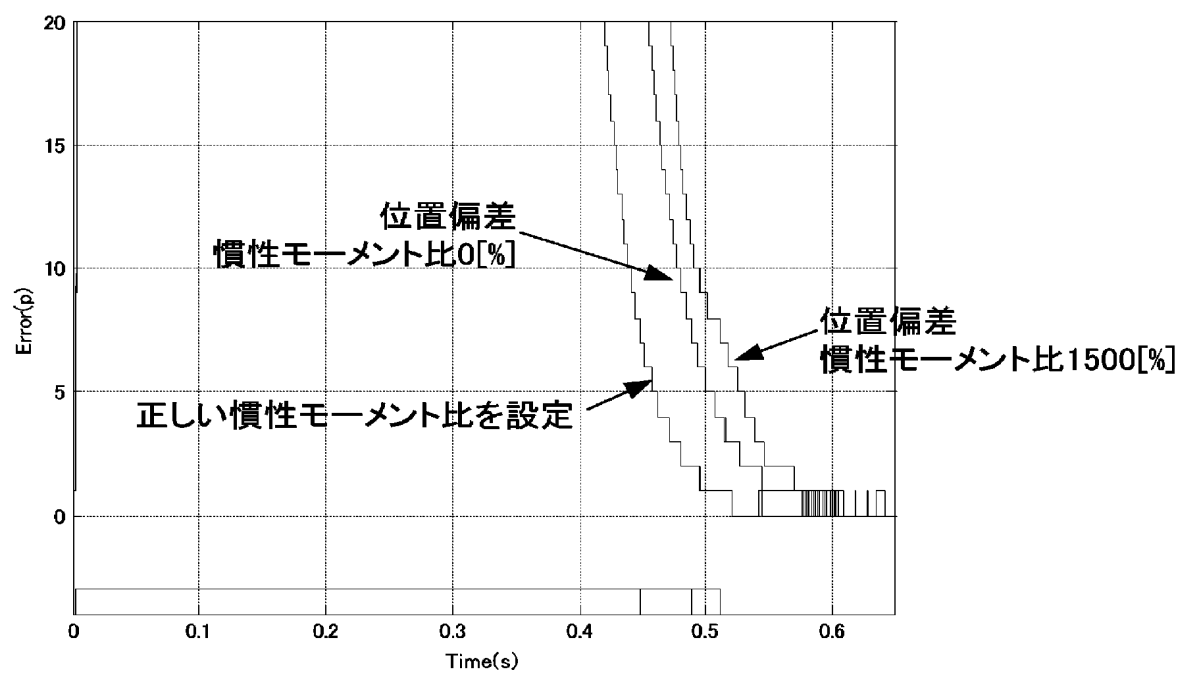
【図 5】



【図 6】



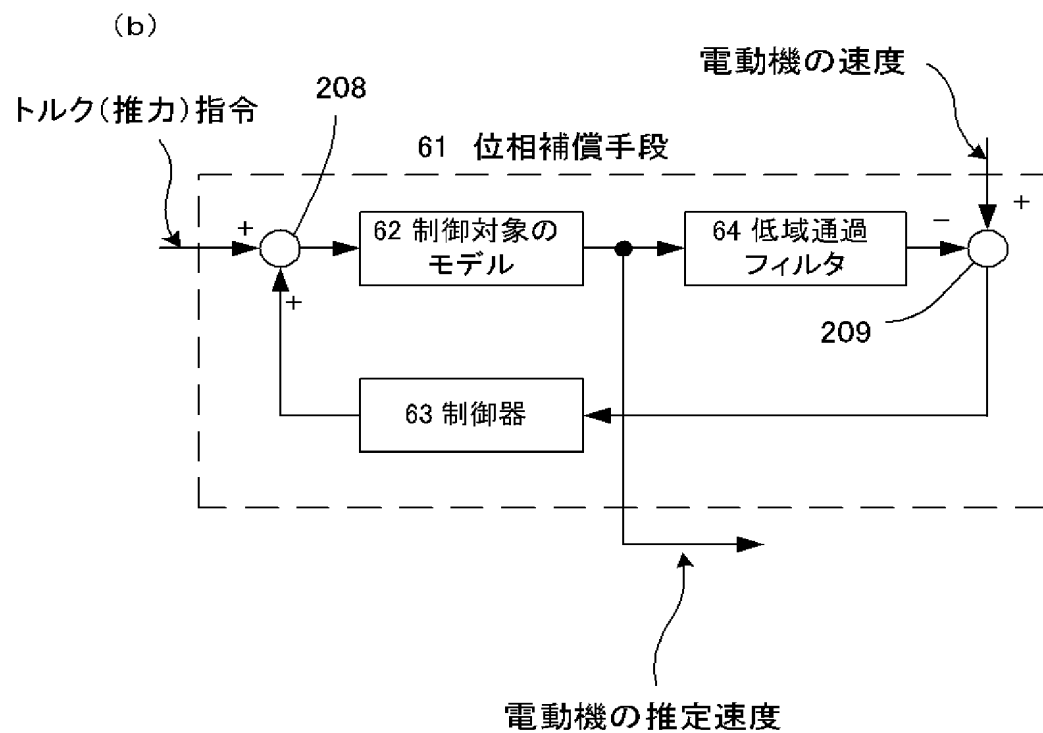
【図 7】



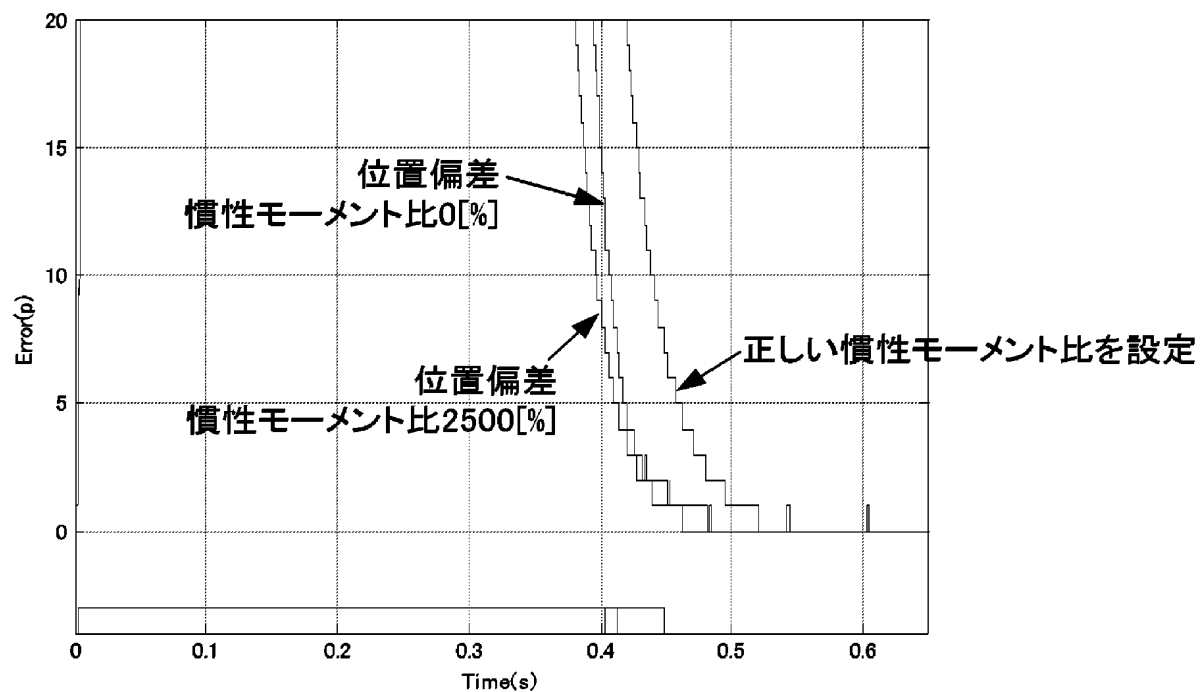
(a)

The diagram illustrates a motor control system with the following components and signal flow:

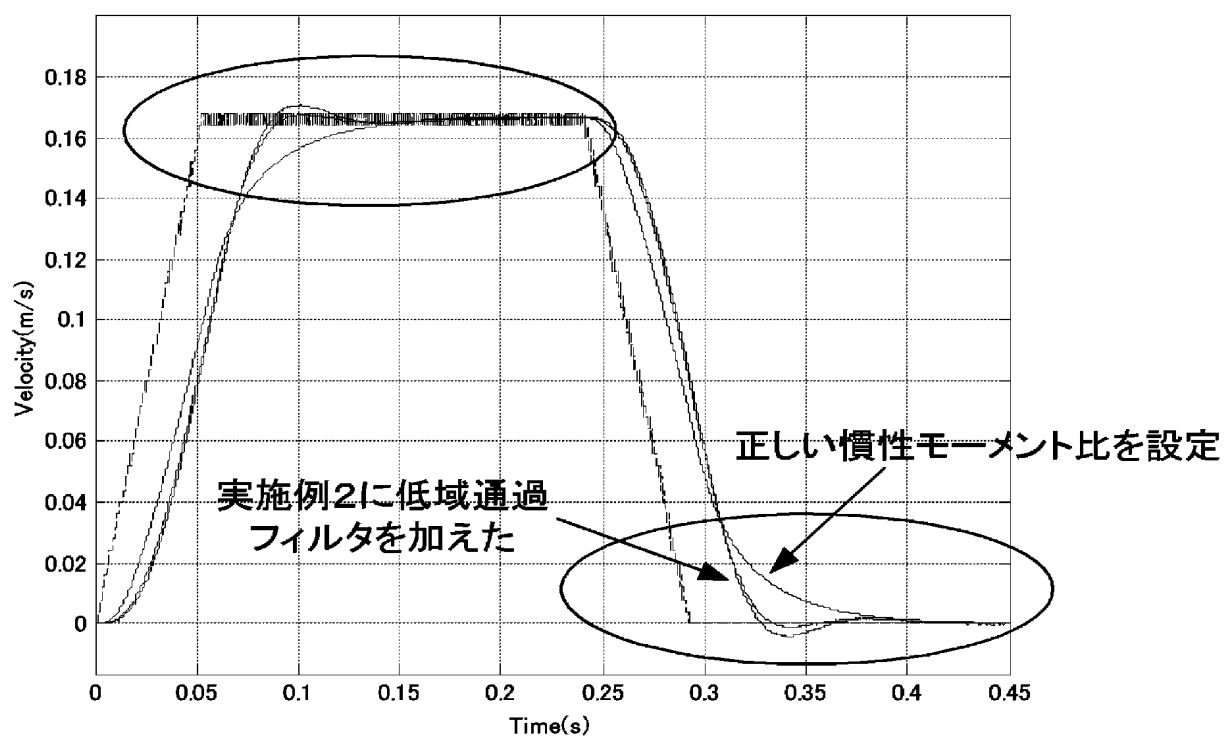
- Inputs:**
 - 位置指令 (Position Command) 101
 - 速度指令 (Velocity Command)
 - トルク (推力) 指令 (Torque (Thrust) Command)
 - 推定外乱トルク (推力) (Estimated Disturbance Torque (Thrust))
- Control Loop:**
 - The position command 101 is compared with the motor speed (電動機速度) at a summing junction (+).
 - The resulting error signal is processed by the 15 位置制御手段 (Position Control Means).
 - The output is added to the velocity command at another summing junction (+).
 - The result is processed by the 16 速度制御手段 (Velocity Control Means).
 - The output is the torque (thrust) command, which is added to the estimated disturbance torque at a third summing junction (+).
- Disturbance Compensation Path (Dashed Box):**
 - The torque (thrust) command is also fed into the 10 外乱オブザーバ (Disturbance Observer).
 - The observer's output is processed by the 11 低域通過フィルタ (Low-pass Filter) and then the 12 ゲイン (Gain) to produce the 推定外乱トルク (推力) (Estimated Disturbance Torque (Thrust)).
 - The estimated disturbance torque is fed back to the third summing junction.
 - The observer also outputs a 新たなトルク (推力) 指令 (New Torque (Thrust) Command) 102.
- Motor and Feedback:**
 - The combined torque (thrust) command is sent to the 17 電動機のトルク (推力) 制御手段 (Motor Torque (Thrust) Control Means).
 - The motor (18 電動機) drives the load (1A 負荷) through the drive part (19 駆動部).
 - The load position is detected by the 1B 位置検出手段 (Position Detection Means).
 - The position is differentiated by the 1C 速度演算手段 (Velocity Calculation Means) to provide the motor speed (電動機速度) for the feedback loop.
 - The motor speed is also used by the 61 位相補償手段 (Phase Compensation Means) to generate a compensation signal for the velocity control loop.
- Additional Features:**
 - The 13 慣性変動抑制手段 (Inertia Variation Suppression Means) is connected to the torque (thrust) command line.

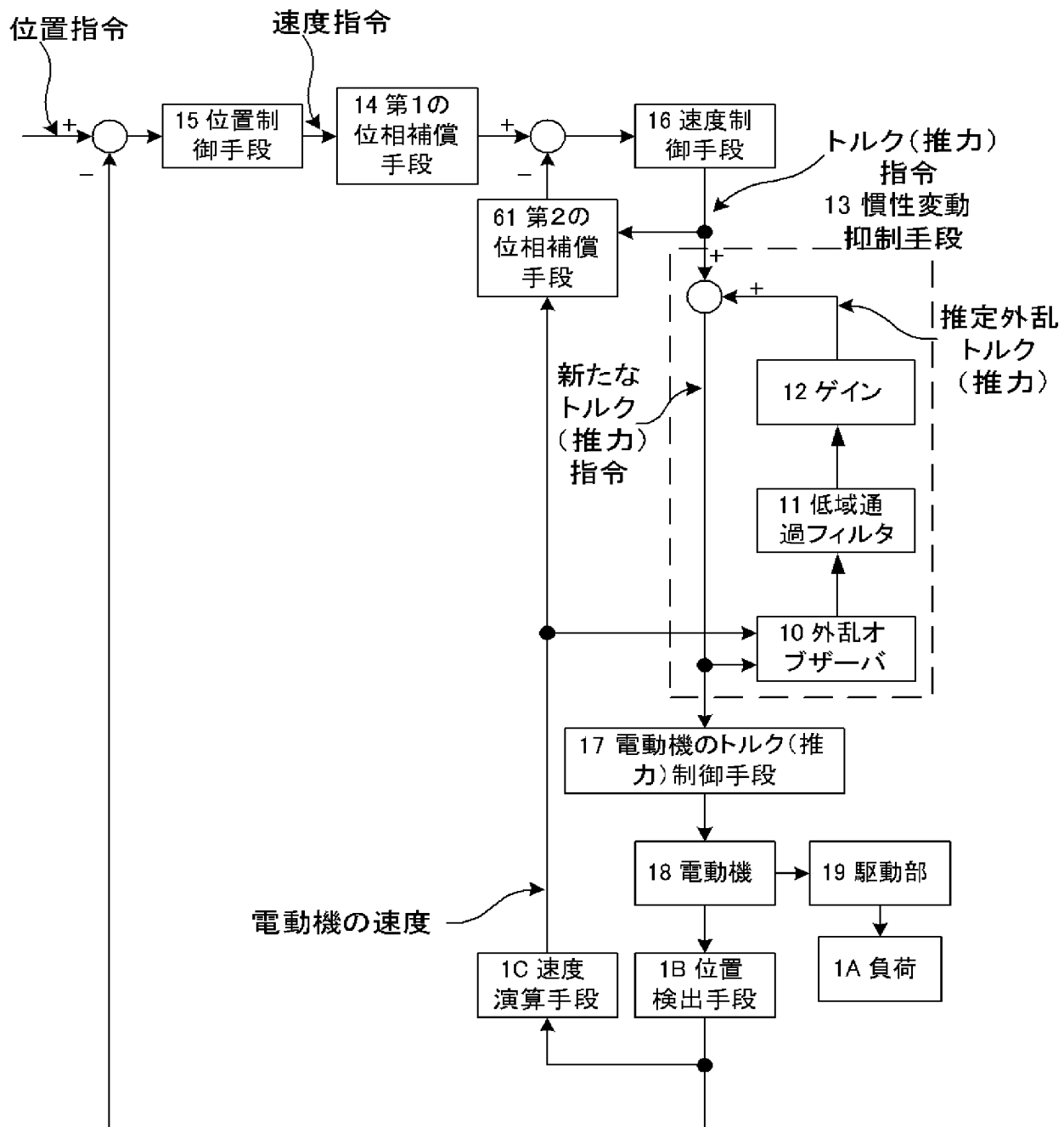


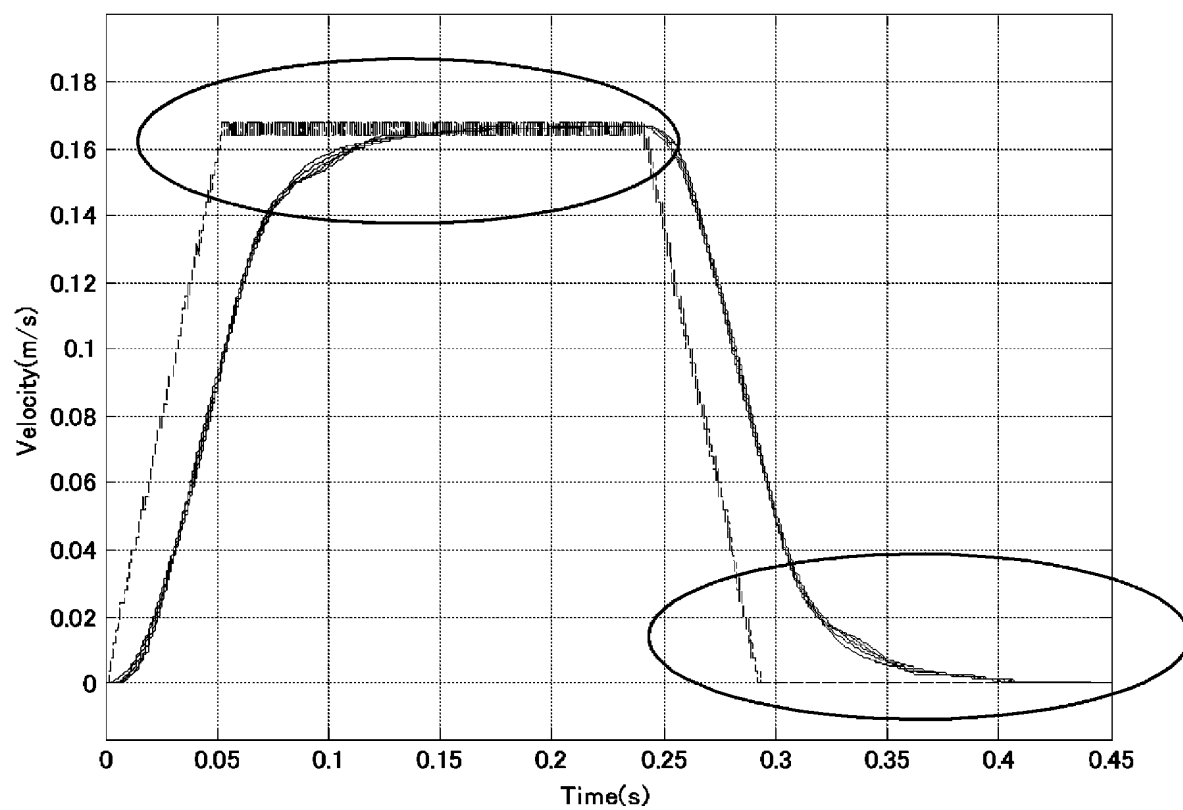
【図 9】



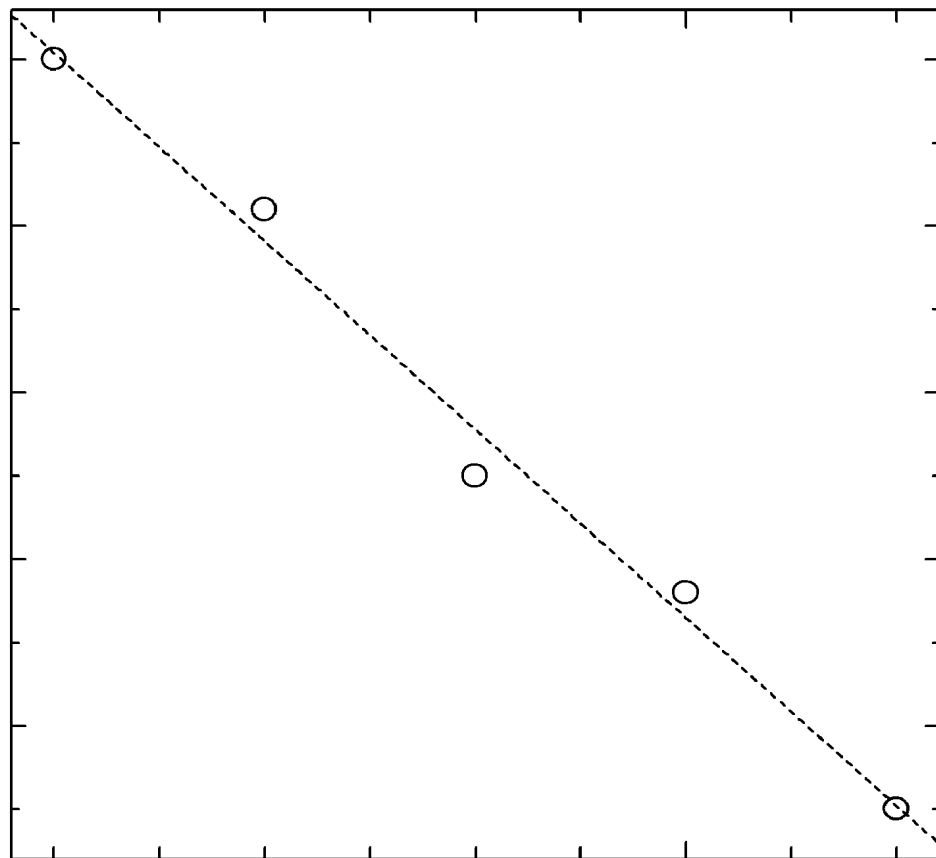
【図 10】



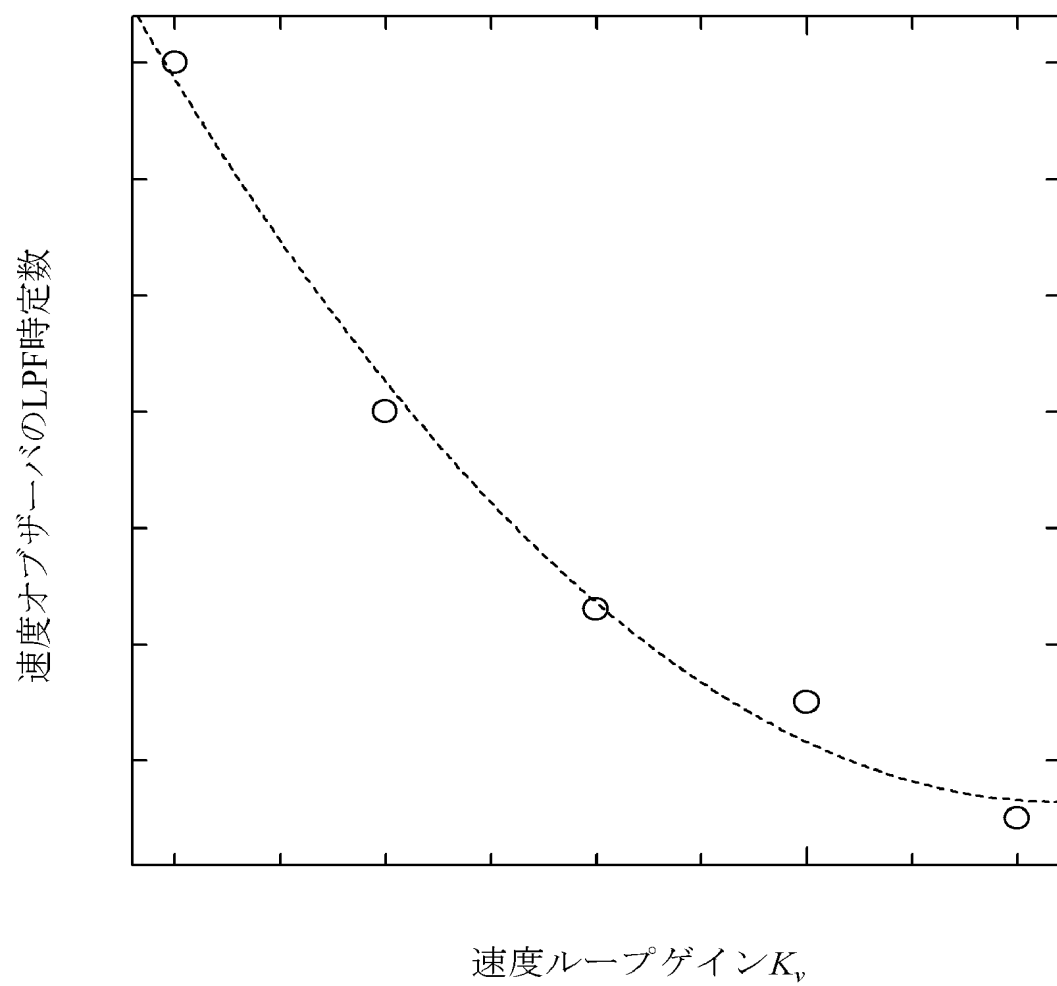




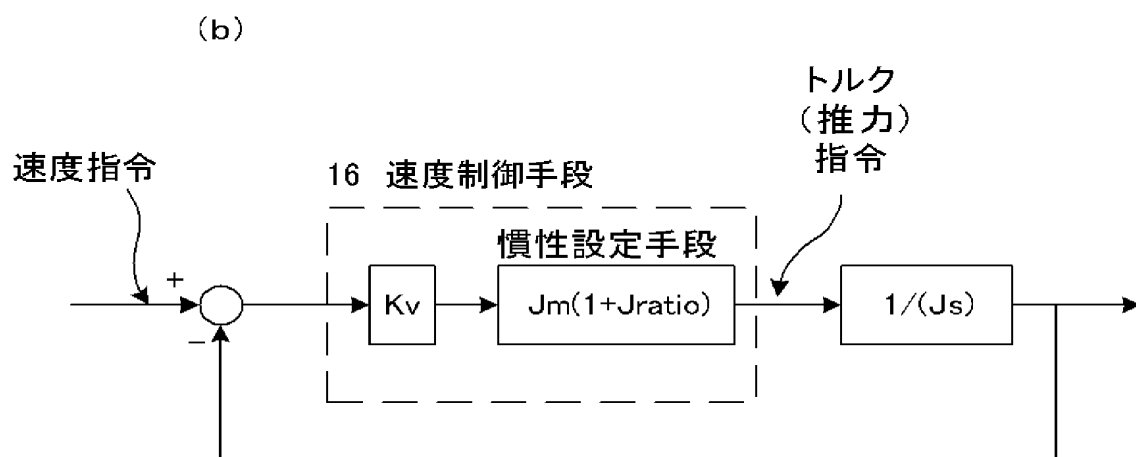
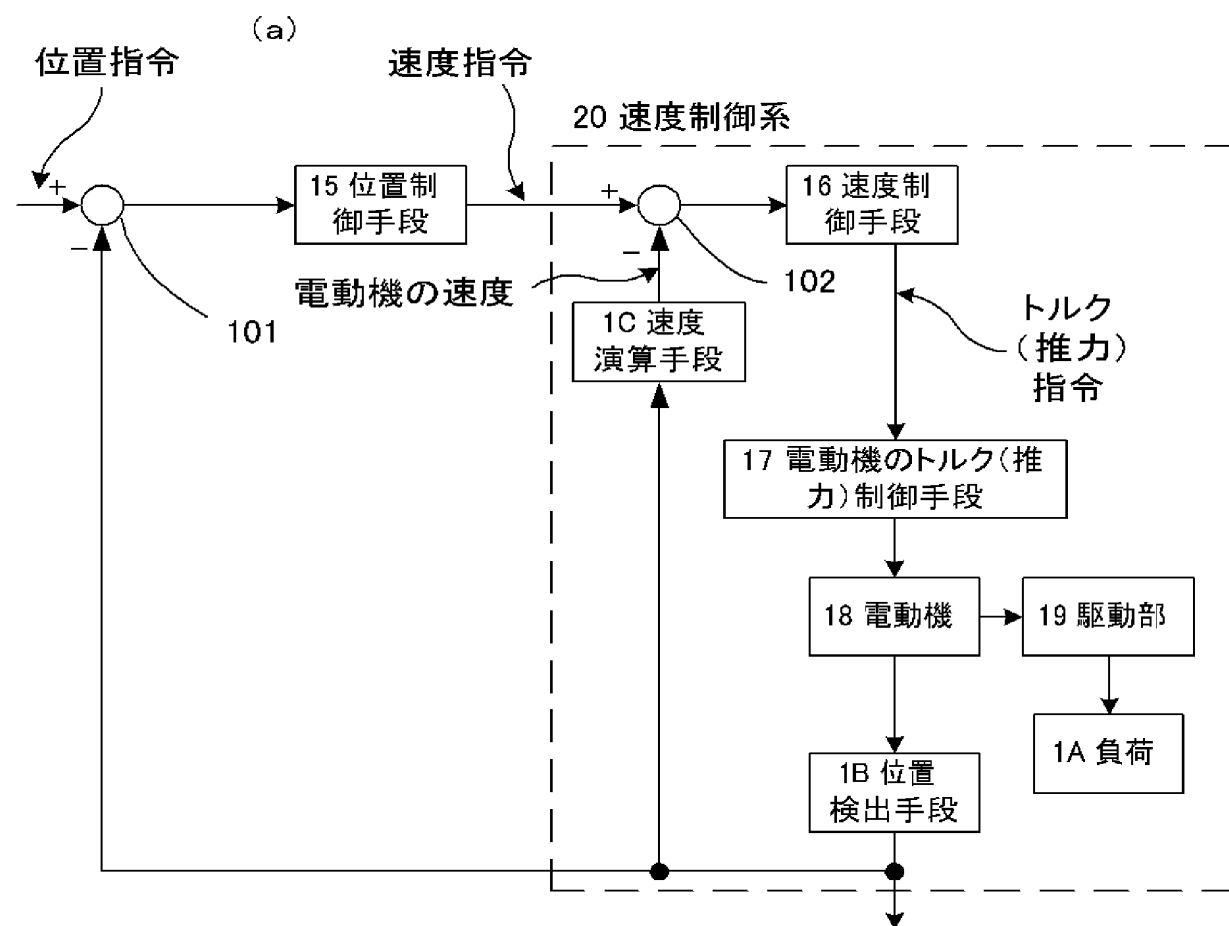
速度オブザーバのLPF時定数



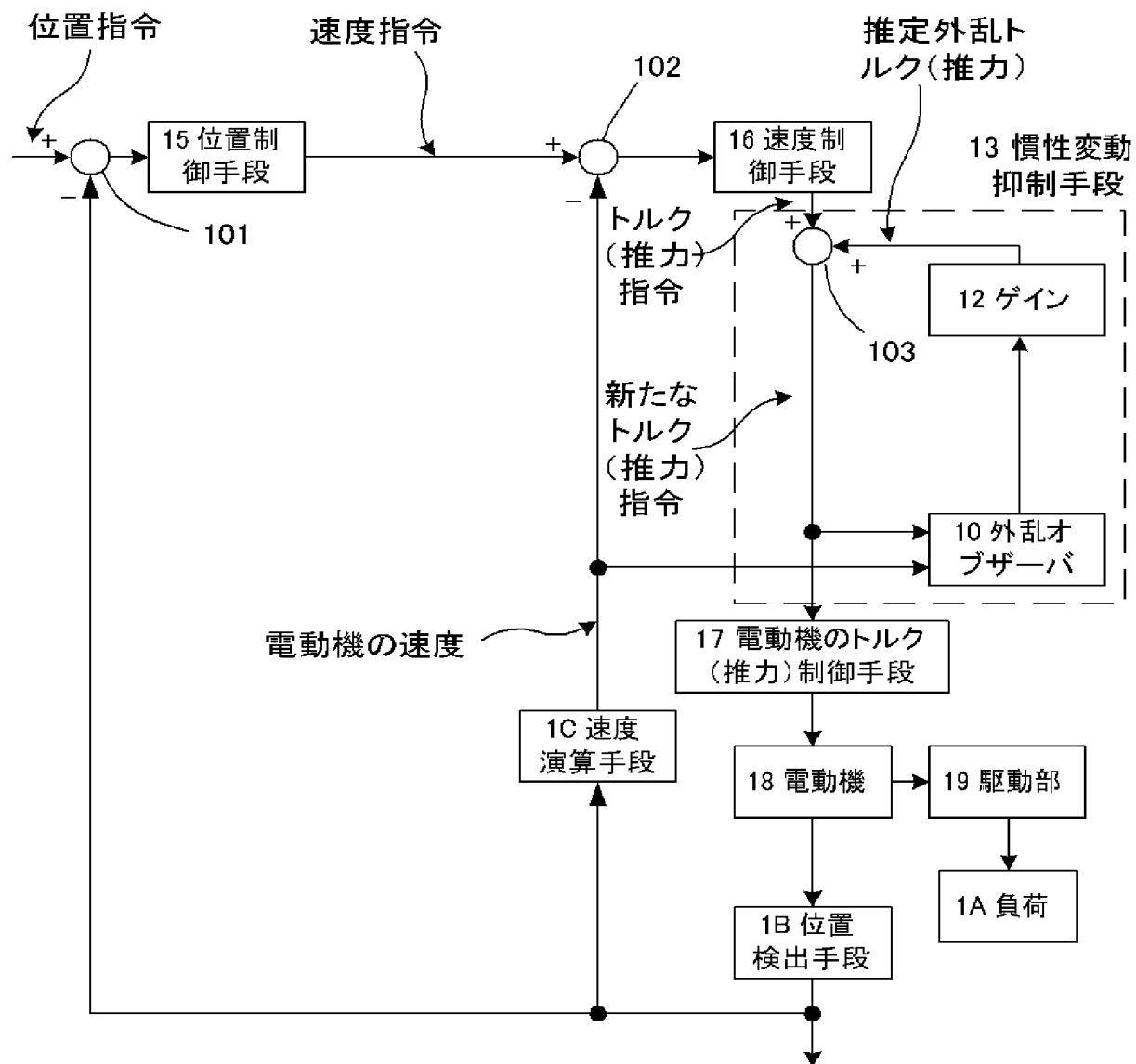
速度ループゲイン K_v

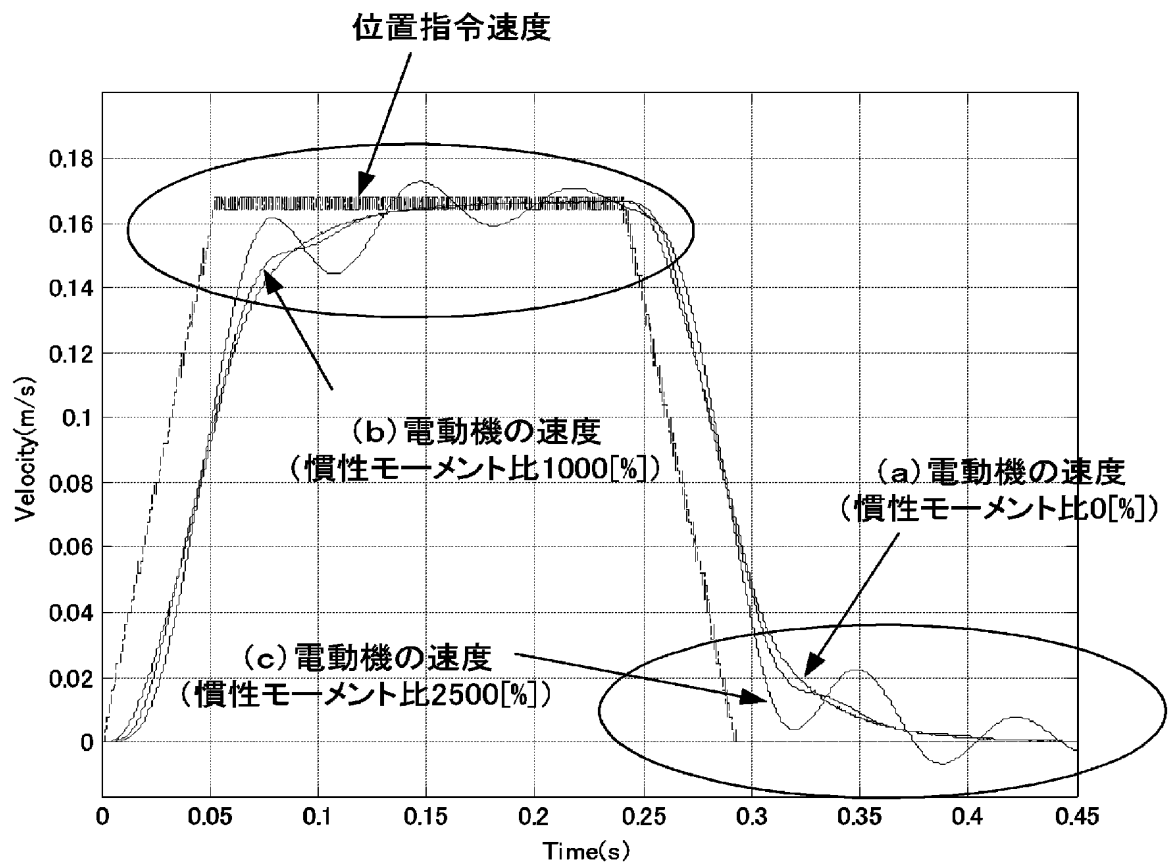


【図 1 5】



【図 1 6】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 大きな慣性モーメント比に対しても制御性能を確保することができる電動機の位置制御装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 慣性モーメントが未知な機構を駆動する電動機 1 8 の位置検出手段 1 B と、速度演算手段 1 C と、位置指令と電動機の位置との差を入力し速度指令を出力する位置制御手段 1 5 と、速度指令と電動機の速度との差を入力する速度制御手段 1 6 と、トルク指令から電動機のトルクを制御するトルク制御手段 1 7 と、トルク指令と電動機の速度から電動機の外乱を推定し、トルクないし推力指令を出力する慣性変動抑制手段 1 3 とを備えた位置制御装置において、速度指令を入力し位相を進めた速度を新たな速度指令として速度制御手段に入力する位相補償手段 1 4 を備え、実際の慣性モーメントに対する設定値のずれによって発生する電動機のトルクを外乱とみなし、それを慣性変動抑制手段 1 3 および位相補償手段 1 4 にて補償する。

【選択図】 図 1

出願人履歴

0 0 0 0 0 6 6 2 2

19910927

名称変更

福岡県北九州市八幡西区黒崎城石 2 番 1 号

株式会社安川電機